

Reflexió sobre art, composició i estructura

Thought about art, composition and structure

Claudi Mans / Universitat de Barcelona. Facultat de Química. Departament d'Enginyeria Química



resum

Es compara la tècnica artística d'Ursus Wehrli amb l'anàlisi química, i es constata que la informació subministrada per l'anàlisi elemental (la fórmula empírica) és insuficient per comprendre completament les propietats d'una substància: cal saber visualitzar qualsevol objecte o substància a diferents nivells d'ampliació, des del visible a ull nu fins al nivell atòmicomolecular. També es mostra el diferent grau de complexitat que hi ha entre la matèria inert i la matèria biològica.

paraules clau

Composició, estructura, art, microscòpia, Wehrli.

abstract

The artistic technique of Ursus Wehrli is compared with the chemical analysis, and it is realized that the information supplied by the elemental analysis (empirical formula) is not sufficient to fully understand the properties of a substance: it is necessary to know how to visualize any object or substance at different levels of extension, from the naked eye to the level of atoms and molecules. The different degree of complexity between inert and biologic matter is also shown.

keywords

Composition, structure, art, microscopy, Wehrli.

Anàlisi artística i anàlisi química

L'artista suís Ursus Wehrli (n. 1969) és poc conegut aquí. Almenys ho era per a mi, fins que vaig veure un llibret amb les seves obres (Wehrli, 2002; Wehrli, 2006). Fa una tasca que es podria anomenar «de desconstrucció». Agafa una pintura i la descompon en els components elementals, que després reordena i torna a compondre en una ordenació diferent. Aquesta tècnica, que és fàcil de descriure, a la pràctica no és tan fàcil de fer, i resulta impossible en certs casos. Un dels quadres de Miró de la sèrie «Les constel·lacions», aquí reproduït (*Chant du rossignol à minuit et la pluie matinale*, 1959), no planteja cap problema, perquè molts

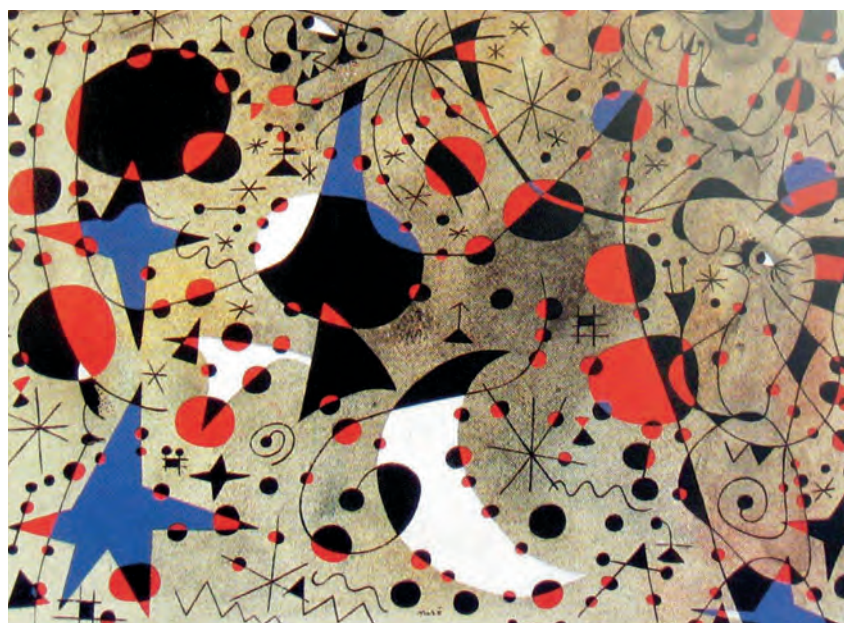


Figura 1. Quadre de Joan Miró *Chant du rossignol à minuit et la pluie matinale*, de la sèrie «Les constel·lacions» (1959). És un anàleg d'una barreja complexa. Font: Wehrli (2006).

quadres de Miró són un conjunt d'unitats monocromàtiques fàcils d'identificar i d'aïllar del conjunt (fig. 1 i 2).

L'any 1957, Picasso va analitzar i recompondre *Las Meninas* de Velázquez a la sensacional sèrie de quadres homònima que es pot contemplar al seu museu de Barcelona. Les va «simplificar» i transformar. En clau d'humor, Harris (2004) va fer el mateix amb el retrat d'Einstein, que es va convertir en la portada d'un dels seus llibres d'acudits sobre la ciència (fig. 3).

Però el que pretén Wehrli no és simplificar els elements del quadre, sinó reordenar-los. A les fig. 4 i 5 es representa una altra de les intervencions de Wehrli sobre un quadre de Kandinski. Wehrli no es limita a descompondre i recompondre. Els quadres puntillistes de Seurat els recompon amb tots els puntets de colors posats dins d'un sac. En altres ocasions, suprimeix elements, com en el cas del quadre *La chambre de Van Gogh à Arles* (1888), que reelabora per mostrar només la cambra amb el llit i res més. O en el cas de la pintura de Pieter Bruegel *Het Gevecht tussen*

Carnival en Vasten (El combat entre en Carnaval i na Quaresma), del 1559, tan plena de gent, que Wehrli repinta però buida de persones, i només es queda amb les cases del poble i amb la resta dels elements inanimats (Wehrli, 2002). Amb la mateixa idea d'ordenar la realitat, actualment Wehrli no només reforma quadres, sinó que va evolucionant cap a la fotografia d'objectes reals abans i després d'ordenar-los. Per exemple, ha reordenat un plat de sopa de lletres o un pàrquing (vegeu el web <http://www.kunstaufraeumen.ch>).

Vegem ara la façana del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona que va decorar Joan Brossa l'any 1993, abans que Wehrli ordenés sopes de lletres. És al carrer del Bon Pastor, número 5, de Barcelona, a tocar de la Diagonal, entre els carrers d'Aribau i de Muntaner (fig. 6). Brossa usa per a les lletres una idea anàloga a la que després farà servir Wehrli per als elements d'una pintura: fa una anàlisi del nom de la institució i el condensa d'una manera més simplificada. Del nom «COL·LEGI D'APARELLADORS I

ARQUITECTES TÈCNICS DE BARCELONA», passa a l'ordenació «AAAAAABCCCCDDDEEEEEEE-GIIIIILLNNOOOPQRRRRSSS-TTTU» escrita sobre la mateixa façana de l'edifici, d'esquerra a dreta i de baix a dalt. Si s'hagués tractat del Col·legi de Químics, Brossa hauria pogut fer una broma tècnica i condensar-ne el nom encara una mica més fent «A₆BC₅D₃E₇GI₄L₅N₂O₃PQR₄S₃T₃U». És la mateixa informació, però més ordenada i compacta, i també menys explicativa que el nom original, que no es pot deduir fàcilment de la compactació. Hi ha jocs de paraules que es basen en aquest procediment, com ara, en certa manera, *Scrabble*. Per cert, Brossa, a l'encàrrec del disseny de la façana, no es va conformar a fer la transformació del nom de l'entitat, sinó que també va posar una llagosta gegantina al terrat de l'edifici que es veu clarament des del carrer. I al paviment de la vorera de la Diagonal, a la confluència amb el carrer de Muntaner, hi ha una peça del mateix Brossa que assenyalava l'edifici del qual parlem (fig. 6).
Analitzem una mica més aquestes compactacions fetes

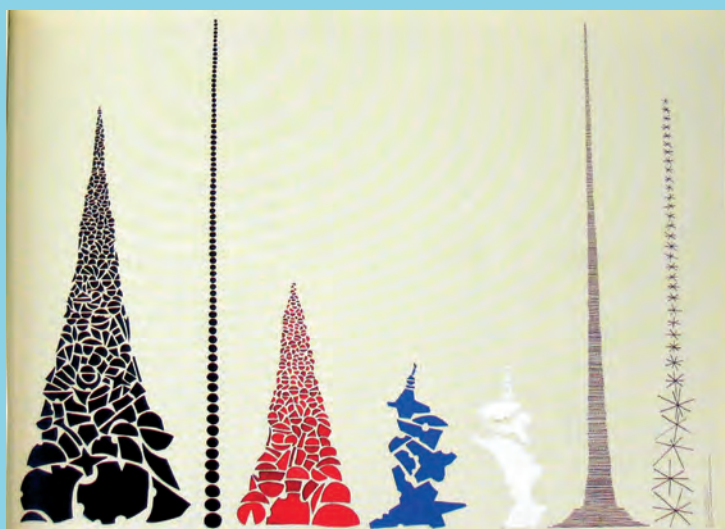


Figura 2. Transformació d'Ursus Wehrli del quadre de Joan Miró *Chant du rossignol à minuit et la pluie matinale*. És un anàleg de la separació dels components de la barreja. Font: Wehrli (2006).

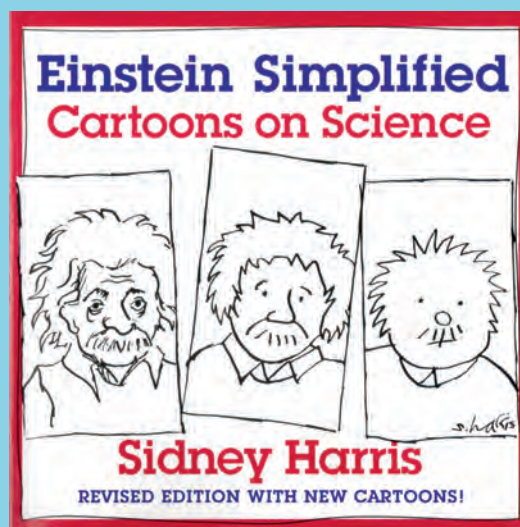


Figura 3. Com es pot fer Einstein més senzill, segons Sidney Harris. Font: Harris (2004).



Figura 4. Detall del quadre de Vassili Kandinski Punt vermell II (1921). Una barreja encara més complexa. Font: Wehrli (2002).



Figura 5. Transformació d'Ursus Wehrli del quadre de Vassili Kandinski Punt vermell II. Separació dels components de la barreja anterior. Font: Wehrli (2002).

pels artistes perquè ens han de servir per trobar-hi la relació amb la química. El quadre de la fig. 1 té els mateixos elements que el de la fig. 2, i el nom del Col·legi té les mateixes lletres que la seva enumeració i compactació, però no són el mateix. Podríem dir, en terminologia química, que la fig. 2 és el resultat de l'anàlisi quantitativa de la fig. 1, i que la «fórmula» compacta de les lletres del Col·legi és l'anàlisi quantitativa del nom. En tots dos casos, hem aconseguit una forma alternativa de donar-ne la informació, més compacta i més fàcil d'usar, però que no ens dóna tota la informació de l'original.

El mecanisme d'anàlisi pel qual passem de la realitat a una forma més compacta no sol ser un mecanisme reversible. A partir de la fig. 2, podríem pintar infinits quadres, tots ells amb els mateixos elements, dels quals la fig. 1 és només un dels possibles. A partir de la fórmula compacta de les lletres podríem construir un gran conjunt d'anagrames, que són paraules gramaticalment vàlides usant les mateixes lletres que la primera.

Fem-ne ara una analogia amb la química. Les analogies són procediments didàctics que, a vegades, ajuden a comprendre una matèria, si comprenem el funcionament d'una altra matèria i les

lleis de transformació d'una matèria a l'altra.

Agafem una fórmula empírica, com ara la de la sacarosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$. Dóna una certa informació, però no molta. El motiu fonamental de la limitació és que una mateixa fórmula empírica pot correspondre a diverses substàncies, diversos isòmers, de propietats molt diferents. Per exemple, en un cas molt simple, la fórmula empírica CH obtinguda de les anàlisis elementals tant pot valer per a l'etil C_2H_2 com per a C_6H_6 . I aquesta darrera fórmula, al seu torn, tant és vàlida per al benzè com per a l'1,3,5-hexatriè $CH_2 = CH - C = C - CH = CH_2$ i

per a altres compostos isòmers amb els enllaços no saturats en altres ordenacions, amb ramificacions, amb un o dos triples enllaços, etc., que, d'altra banda, no necessàriament corresponen a substàncies reals existents.

Ara que ja hem vist, amb les analogies artístiques, les relacions no unívokes entre composició i estructura, aprofundim-hi una mica més.

Composició, estructura i nivells de descripció

Quan en tantes ocasions es diu que «tot és química», probablement es destaca massa el fet obvi que la matèria (tota la matèria) pot ser descrita en termes de substàncies químiques, de molècules, d'elements i àtoms, sense anar més enllà de la composició. L'afirmació anterior és força ambigua, perquè també són ambigus els conceptes *molècula*, *element* i *àtom*; de fet, d'àtoms n'hi ha pocs, a la Terra, tal com ja vaig tenir l'ocasió d'explicar en un article anterior (Mans, 2009). En tot cas, la descripció d'una substància ha d'incloure no només la composició, sinó també l'estructura, és a dir, la distribució dels àtoms a l'espai.

Només en alguns casos simples podem, a partir de la informació de la composició, preparar la substància corresponent. Per



Figura 6. Façana del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, al carrer del Bon Pastor, número 5, amb el disseny del nom a càrrec de Joan Brossa (1993). Font: fotografia de l'autor.

exemple, podem imitar una aigua mineral determinada a partir de la composició que figura a l'etiqueta simplement barrejant les sals amb aigua en les quantitats indicades i n'obtidríem una aproximació molt bona. Però, en molts casos, encara que tinguem la composició quantitativa d'una barreja, ens cal més informació que la composició química i d'ingredients per fabricar la substància original o per anticipar-ne les propietats. Conèixer només la composició d'un aliatge no permet fabricar-lo. Cal també la informació dels processos de foneria, dels cicles de temperatura de cocció, de refredament, recuita o tremp per arribar a tenir l'estructura interna desitjada i, una vegada coneguda aquesta estructura, relacionar-la amb les propietats del material. El mateix, però a una altra escala, succeeix amb qualsevol plàstic o fins i tot amb qualsevol salsa, com ara la maionesa.

Per això cal insistir que tot professor (i tot alumne) hauria de tenir una visualització tan completa com fos possible dels diferents nivells de descripció de qualsevol substància, des del macroscòpic fins al microscòpic i l'atomicomolecular. Aquest recorregut va, de gran a petit, de l'objecte a les substàncies que el componen com a barreja; després, a les diverses estructures que podem trobar en cadascuna de les substàncies, i, finalment, als components químics darrers, amb les estructures pròpies dependent de la seva naturalesa. És especialment interessant el fet de veure les enormes diferències que hi ha entre uns objectes, unes substàncies i unes altres al mateix nivell de descripció, i també les enormes diferències que hi ha a la mateixa substància en observar-la (o en imaginar-nos que l'observem) a diferents nivells d'ampliació.

En aquest sentit, és important el fet de distingir entre els dos modes o nivells d'estructures que hi ha en tota substància complexa. En un primer nivell es troba l'estructura de la barreja dels components, que, en molts casos, és un sistema dispers típic, interpretable mitjançant les forces moleculars febles de Van der Waals o els enllaços d'hidrogen. En un segon nivell de descripció hi ha l'estructura de cadascun dels components de la barreja, que, en molts casos, són substàncies pures l'estructura de les quals vindrà descrita mitjançant els enllaços covalents, metàl·lics o iònics. Aquesta distinció no és estrictament vàlida per als organismes vius, tal com veurem més endavant.

Imaginem una ampolla d'aigua amb gas. Consta de l'aigua amb gas, el gas de sobre del líquid, el tap, l'ampolla i l'etiqueta. Dues substàncies i tres objectes. Proven de descriure analíticament i estructural cadascun d'aquests components.

Pel que fa a l'aigua amb gas, és una substància en fase líquida, una solució, homogènia a ull nu i al microscopi, composta (és una barreja, un cop més l'ambigüitat dels termes) per aigua, algunes molècules dissoltes de CO_2 sense reaccionar i ions solvatats de diferents sals, com ara HCO_3^- , CO_3^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H_3O^+ , OH^- i molts d'altres, dependent de la procedència de l'aigua i del grau de precisió de l'anàlisi que li fem.

El gas que hi ha sobre el líquid consta de vapor d'aigua, CO_2 i, probablement, N_2 i O_2 , segons com s'hagi envasat. L'aigua amb gas només conté bombolles momentàniament, en el moment d'obrir l'ampolla o bé si la remenem. La presència de bombolles és una situació no estacionària i evoluciona cap a un estat menys energètic, que pot ser la redissolució de la bombolla a l'aigua o

bé el despreniment de la bombolla cap a la superfície. La fig. 7 representa els diferents nivells d'observació per a una aigua amb gas que va desprenent bombolles.

El tap i l'ampolla són objectes fets de dos plàstics diferents: substàncies homogènies a ull nu, però que són barreges complexes. Cadascun d'ells està compost (són barreges) per un bon conjunt de substàncies més o menys «pures»: polímer (PVC i PET, respectivament), pigments, plastificants, colorants, càrregues inorgàniques i additius diversos. El fet de qualificar de *pur* un polímer té una part de falsedat, perquè és una massa de macromolècules similars entre si però de diferents longituds i, probablement, amb tota mena d'isòmers. Un cop més, la terminologia vàlida per a un context no és prou adequada per a un altre context.

L'etiqueta sol ser un paper imprès i enganxat a l'ampolla. El paper/objecte està fet de paper/substància, que veiem homogènia, però a una escala microscòpica en veuríem força bé alguns dels components: fibres de cel·lulosa (una macromolècula amb algunes característiques dels polímers d'abans, però també amb notables diferències), partícules de caolí i de càrrega mineral i altres substàncies no distingibles al microscopi. L'etiqueta està impresa i les tintes són també barreges de dissolvents, olis, pigments i tensioactius. Finalment, l'etiqueta està unida a l'ampolla amb un adhesiu, que potser està compost (és una barreja) per un dissolvent, un polímer i diversos additius. De totes aquestes substàncies, no se'n distingiria cap estructura al microscopi òptic.

Naturalment, podem aprofundir molt més en el detall de la descripció de cadascuna de les substàncies del sistema que

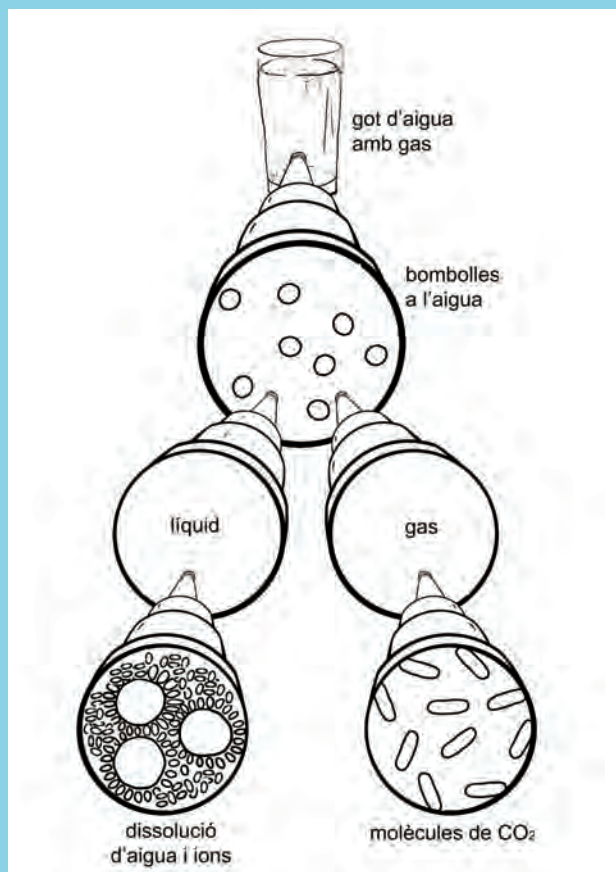


Figura 7. Aigua amb gas, a quatre nivells d'ampliació. A ull nu, s'hi aprecien algunes bombolles. L'observació microscòpica del líquid i del gas no permet observar estructures de cap tipus. Un hipotètic microscopi molecular permetria veure els ions de l'aigua amb gas, solvatats i envoltats de molècules d'aigua, i les molècules del gas independents entre elles. Font: Mans (2010).

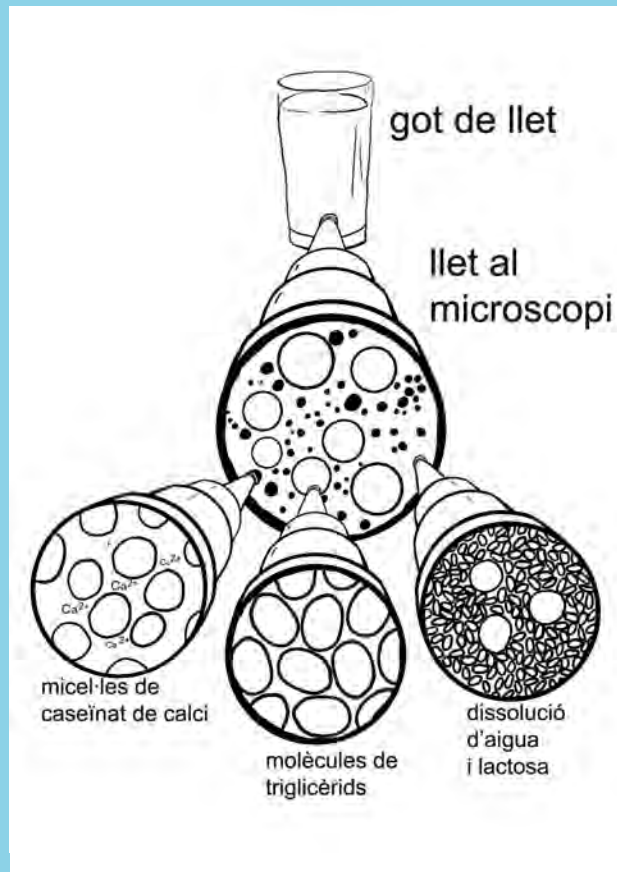


Figura 8. Llet sencera, a tres nivells d'ampliació. El microscopi permet veure les fases components de l'emulsió: la fase aquosa contínua, la fase greixosa dispersa en gotetes i les micel·les càlciques, disperses a la fase contínua. El nivell molecular permetria veure l'estructura de cadascuna de les fases components de l'emulsió: les micel·les de caseïnat de calci, les molècules de greix i la dissolució aquosa de lactosa. Font: Mans (2010).

tenim a tots els nivells. En totes les descripcions, ens trobem al nivell de les substàncies químiques, cadascuna de les quals es pot descriure en termes de molècules, d'ions, d'estructures covalents o metàl·liques tridimensionals, d'àtoms, etc. La fig. 8 representa els diferents nivells de descripció de la llet, més complexa que l'aigua amb gas, en tractar-se d'una emulsió.

I encara és més difícil fer el mateix recorregut en el cas de la matèria viva. Tu mateix, lector (un «objecte» viu), tens un cos constituït (compost o format, cap terme és prou específic) per òrgans, corresponents a diferents sistemes. Cada òrgan de cadascun d'aquests sistemes (per exemple, el digestiu) és un objec-

te individualitzat. El fetge està constituït per milions de cèl·lules hepàtiques i d'altres tipus, cadascuna de les quals també es pot descriure com un objecte individualitzat amb entitat pròpia. I una cèl·lula hepàtica, al seu torn, és un objecte format per una membrana, un citoplasma amb molts òrgànuls i un nucli (tots són encara objectes individualitzables). I el nucli conté objectes, com ara els cromosomes. I, finalment, arribem al nivell de les molècules: cada cromosoma es pot imaginar com una gran molècula d'ADN enrotllada segons una complexa pauta. Al seu torn, la membrana cel·lular és un conjunt de molècules de fosfolípids juxtaposades i el citoplasma és una dispersió col·loïdal constituï-

da per una dissolució aquosa (aigua, sals, glucosa i diverses macromolècules) que, a més a més, conté en dispersió petits objectes: òrgànuls com els ribosomes, els lisosomes, els mitocondris, el reticle endoplasmàtic o l'aparell de Golgi, i cadascun d'ells també es pot resoldre en termes de molècules.

Comparant les estructures del món no viu i del món vivent, el que es podria anomenar genuïnament química química comença a escales i dimensions superiors al món no viu. Al món vivent, la química no és la ciència rellevant fins que no s'arriba a les estructures moleculars, macromolècules molt complexes on la conformació és determinant: aquest és el món de la biologia

molecular. La continuïtat estructural al món viu es manté al llarg del recorregut com una sèrie d'objectes progressivament més petits, i només al final es resol en molècules.

Les consideracions anteriors són, naturalment, molt simplifi- cades. Al món vivent també visualitzem la química a les substàncies que bescanvien la informació i els aliments entre òrgans i òrgànuls en forma de molècules molt més simples que les estructurals. Per exemple, la respiració involucra molècules com el CO_2 , l' O_2 i el vapor d'aigua. La fotosíntesi genera glucosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ mitjançant complicats mecanismes. El reconeixement dels gustos o de les olors té lloc mitjançant molècules que no solen ser molt grans. L'òxid nítric NO va ser considerat Molècula de l'Any 1992 per la revista *Science* pel seu paper fisiològic, reconegut no fa gaires anys. Però, pel que fa a les estructures vives, la seva complexitat, en termes generals, és molt més considerable que al món no viu.

La comparació de les dimensions dels diferents objectes i estructures pot ser molt útil a l'hora d'agafar una idea visual de les magnituds que corresponen als diferents nivells de descripció. Fa uns anys, la pel·lícula *Potencias de diez* (Eames i Eames, 1977), que també existeix en format llibre (Eames, Morrison i Morrison, 1984), va esdevenir una aproximació visual molt clara al món macroscòpic i microscòpic de forma progressiva, precisament des de la imatge de la pell d'una persona cap a allò infinitament gran o petit. Un altre exemple molt similar, però produït aquí i centrat a la plaça de Catalunya de Barcelona, es pot veure a *Dígits* (2006). Una variant més recent, en dibuixos però potser més clara i amb exemples de tots els camps comentats a cada dibuix, es pot

trobar a Huang i Huang (2012), on es pot gaudir d'una visió general de les escales de l'Univers des d'allò infinitament gran (10^{27} m) fins a allò infinitament petit (10^{-35} m).

Assumir una correcta perspectiva de la realitat (el que vulgui dir *realitat*) és, però, difícil, ja que les escales logarítmiques o exponencials se solen reduir a escales lineals en la percepció humana i solem projectar l'experiència i les sensacions a la nostra escala com si fossin aplicables a escales molt més grans o petites. Malgrat això, els recursos citats ens poden ajudar a ubicar-nos a l'Univers, que és, segons diuen, un de tants dins del Multivers (Hawking i Mlodinow, 2010).

Però això ja no és química.

Conclusions

Una analogia artística inicial ens ha permès reflexionar sobre el fet que la composició química d'una substància, que ens dona una informació quantitativa valuosa, no ens permet conèixer per si sola la seva estructura. Cada substància no té una única estructura, sinó diverses, que depenen, per a cada substància, del nivell d'observació que estiguem usant: el macroscòpic, el microscòpic o l'atomicomolecular. En el cas de la matèria vivent, trobem progressivament una seqüència d'objectes continguts en d'altres (òrgans, cèl·lules i components cel·lulars) que no es resol en estructures químiques complexes fins al nivell molecular, les quals són estudiades per la biologia molecular.

La visualització de la continuïtat entre nivells d'observació i descripció és una eina útil per a la comprensió de l'estructura i les propietats de qualsevol substància o matèria viva o inanimada, alhora que de la química que les ha fet possibles.

Referències

- Dígits* (2006). Barcelona: Lavinia TV. <<http://www.youtube.com/watch?v=9JUpIa4ncWg>> [Consulta: gener 2013].
- EAMES, C.; EAMES, R. (1977). *Potencias de diez*. S. ll.: s. n. <<http://www.youtube.com/watch?v=fbCwkfrKuaw&feature=related>> [Consulta: gener 2013].
- EAMES, R.; MORRISON, P.; MORRISON, P. (1984). *Potencias de diez*. Barcelona: Labor.
- HARRIS, S. (2004). *Einstein simplified*. Nova Brunsvic: Rutgers University Press.
- HAWKING, S.; MLODINOV, L. (2010). *El gran disseny*. Barcelona: Columna.
- HUANG, C.; HUANG, M. (2012). *Scale of the Universe*. <<http://static.flabber.net/files/scale-of-the-universe-2.swf>> [Consulta: gener 2013].
- MANS, C. (2009). «Element Al». *Educació Química*, 3: 56-60.
- (2010). *Sferificaciones y macarrones*. Barcelona: Ariel.
- WEHRLI, U. (2002). *Kunst Aufräumen*. Zurich: Kein & Aber AG. [Trad. anglesa: *Tidying up art*. Munic: Prestel Verlag, 2003].
- (2006) *Noch mehr Kunst Aufräumen*. Zurich: Kein & Aber AG.



Claudi Mans

És catedràtic emèrit d'enginyeria química al Departament d'Enginyeria Química de la Facultat de Química de la Universitat de Barcelona. A més de diferents tasques al servei de la Universitat, es dedica principalment a la divulgació de la química, especialment en allò més relacionat amb la vida quotidiana, mitjançant llibres, articles, conferències, cursos i blocs. A/e: cmans@ub.edu.